

Розроблення методів і алгоритмів для оптимізації складних систем і побудови оптимального керування в умовах складних фазових обмежень

Разработка ускоренных алгоритмов и программного обеспечения для расчета опорных траекторий ЛА и математического моделирования возмущенного движения

Development of accelerated methods and algorithms for phase AC trajectory calculations and mathematical modeling of perturbed motions

1. Номер державної реєстрації теми - 0116U003787,

2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Бейко І.В., Бейко И.В., Beyko Ivan V.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблено алгоритми асимптотично-розв'язуючих операторів, орієнтовані на розв'язання складних задач оптимізації граф-операторних систем великої розмірності із складними фазовими обмеженнями та складними підсистемами процесів із розподіленими та зосередженими параметрами. Підвищеної ефективності таких алгоритмів досягається зменшенням розмірності оптимізаційної задачі для асимптотично-розв'язуючого оператора та відповідно спрощеного обчислення градієнтів критеріїв оптимальності без зазвичай трудомісткого обчислення фазових траєкторій, а також завдяки декомпозиції складної нестійкої системи на підсистеми із вибором локальних напрямків більш стійкого інтегрування. Проведено дослідження важливих проблем існування оптимальних фазових траєкторій складних процесів із розподіленими параметрами, що описуються системами рівнянь із частинними похідними, а також проблем детермінованого хаосу, що виникають у складних динамічних системах.

(рос.)

Разработаны ускоренные алгоритмы расчета фазовых траекторий сложных управляемых систем и граф-операторных моделей, узлами которых есть рабочие математические модели взаимодействующих подсистем. На основе теоретических исследований подтверждается возможность использования методов асимптотически-решающих операторов для вычисления фазовых траекторий с повышенной точностью. Численными экспериментами подтверждается возможность их использования для построения оптимизированных фазовых траекторий на примере решения задач построения и оптимизации опорных траекторий ЛА, где построение адекватных математических и компьютерных моделей взаимодействующих подсистем связана с моделированием подсистем для вычисления в реальном времени значений физических параметров атмосферы, аэродинамических коэффициентов, аэродинамических сил и моментов а также силы тяги и суммарные силы и моменты, необходимые для вычисления опорных траекторий. Разработаны методы для ускоренного расчета опорных траекторий в условиях защитных маневров с заданными терминальными условиями.

(англ.)

Accelerated algorithms are developed for phase trajectories calculations of complex control systems and graph-operator models with interactive subsystems. By theoretical investigations and numerical experiments it was proved that asymptotically-solve operator may be used to calculate phase trajectories with improved accuracy. By numerical experiments it was proved they may be used to calculate optimized phase trajectories on examples of solving problems of building optimized AC phase trajectories, where the constructing of adequate mathematical and computer models of interacting subsystems includes modeling of subsystems for real-time calculations of atmosphere parameters, aerodynamic coefficients, aerodynamic forces and moments, engines power and the total forces and moments needed for calculations of optimized

phase trajectories. Methods for accelerated calculations of maneuver trajectories under given terminal conditions are developed.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Готуються матеріали на патенти на корисні моделі.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а підходи до керування складними системами із складними фазовими обмеженнями за допомогою асимптотично-розв'язуючих операторів не мають аналогів у світовій практиці оптимізації із складними фазовими обмеженнями.

6. Економічна привабливість для просування на ринок Застосування нових методів розв'язуючих та асимптотично-розв'язуючих операторів до зменшення розмірності оптимізаційних задач дозволяє підвищувати ефективність оптимізаційних технологічних процесів за критеріями підвищеної якості виконання, зменшення часу реалізації, зменшення інших пов'язаних витратних ресурсів та підвищення точності розрахунків. Кількісні показники економічних переваг залежать від обсягів реалізації конкретних задач оптимізації складних систем.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації). Методи оптимізації технологій з використанням математично-комп'ютерного інструментарію оптимізації складних граф-операторних систем може застосовуватись на підприємствах та в організаціях різних галузей промисловості та на різних рівнях регіонального і державного управління.

8. Стан готовності розробки. Практичне впровадження розроблених методів оптимізації складних систем і процесів із складними фазовими обмеженнями ґрунтується на використанні допоміжних математично-комп'ютерних моделей підсистем реально взаємодіючих процесів. Побудова адекватних математично-комп'ютерних моделей може здійснюватися на договірній основі. Сумарна вартість від розробки до впровадження становить від десятків до сотень тисяч грн у залежності від конкретних обставин, наявного стану та сфери застосувань.

9. Існуючі результати впровадження. Розроблені у роботі методи і алгоритми граф-операторного моделювання і оптимізації складних систем в умовах неповних даних використовуються в наукових дослідженнях відділу «Поверхнево-активних речовин» ІБН НАН України. Розроблені методи дозволяють підвищувати точність розрахунків при дослідженнях розподілу наночастинок в мікроемульсіях з регульованими властивостями процесів синтезу стійких суспензій та кінетики процесів формування наночастинок в мікроемульсіях. Використання розроблених методів оптимізації допоможе розв'язувати актуальні задачі підвищення якості мікроемульсій за важливими для практичних застосувань критеріями оптимальності, а також і багато інших актуальних задач сучасного комп'ютеризованого оптимізованого виробництва у різних сферах виробництва та управління.

10. Форма участі інвестора

Важлива ділянка роботи по впровадженню включає налагодження контактів із потенційними користувачами розроблених нових методів математичного моделювання та оптимізації складних систем. Через це важливою формою участі інвестора в реалізації результатів проекту є пошуки і відбір користувачів: частка в проекті 25%, частка від прибутку 20%.

11. Назва організації, телефон, E-mail

КПІ ім. Ігоря Сікорського, фізико-математичний факультет, кафедра математичної фізики, 204-82-64, mafiz_fmf@kpi.ua, +(380)-50-3578923, ivan.beyko@gmail.com

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. *Бейко І.В.* Методи оптимізації узагальнених динамічних моделей В.М. Глушкова / Математичне та комп'ютерне моделювання. Сер.: техн. науки, 2017. — Вип. 9. — с. 18-25.
2. *Конец М.М.* <Оптимальное управление нестационарным тепловым процессом с осевой симметрией / М.М. Конец // Проблемы управления и информатики. — 2016. — № 3. — С. 106–113
3. *Івасишен С.Д., Мединський І.П., Пасічник Г.С.* Параболічні рівняння з виродженнями на початковій гіперплощині // Буковинський мат. журн. — 2016.— Т.4, № 3–4.— С. 57–68. *Івасишен С.Д., Мединський І.П.* Про класичні фундаментальні розв'язки задачі Коші для ультрапараболічних рівнянь типу Колмогорова з двома групами просторових змінних // Мат. методи та фіз.-мех. поля.- 2016.— Т.59, № 2.— С. 28–42.
4. *Ivasyshen S.D., Medynsky I.P.* On applications of the Levi method in the theory of parabolic equations // Matematychni Studii. — 2017.— Vol.47, № 1.— P. 33–46.
5. *Івасишен С., Мединський І., Пасічник Г.* Параболічні рівняння з різними особливостями та виродженнями // Некласичні задачі теорії диференціальних рівнянь: зб. праць, присвячений 80-річчю Б.Й. Пташника.— Львів: ІППІМ ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2017.— С. 68–76.
6. *Турчина Н.І., Івасишен С.Д.* Про модельну крайову задачу з векторною вагою // Буковинський мат. журн.— 2017.— Т. 5, № 3–4.— 5 с.
7. *Івасишен С.Д., Лавренчук В.П., Готинчан Т.І., Мельничук Л.М.* Рівняння математичної фізики: основні методи, приклади, задачі: навч. посібник.— Чернівці: Видавничий дім «Родовід», 2016.— 212 с.
8. *Бейко І.В.* Методи оптимізації узагальнених динамічних моделей В.М. Глушкова / Математичне та комп'ютерне моделювання. Сер.: техн. науки, 2017. — Вип. 9. — с. 18-25.
9. *Shvets A.Yu.* Influence of Delay on Dynamical Behavior of Nonideal Pendulum Systems/ A.Yu. Shvets // International Conference in **Nonlinear Problems in Aviation and Aerospace**, 5–8 July, 2016, La Rochelle, France.—Electronic resource: <http://www.internationalmathematics.com/icnpaa/schedule/>
10. *Shvets A.Yu.* The investigation of dynamics of non-ideal pendulum systems without any limitations of their parameters / Aleksandr Yu. Shvets // 9th CHAOS 2016, Chaotic Modeling and Simulation: Book of Abstracts International Conference, 23–26 May 2016, London.—London, 2016. — P. 98.
11. *Shvets A.Yu.* The influence of delay factors on the genesis of deterministic chaos in non-ideal pendulum systems/ Aleksandr Yu. Shvets, Alexander M. Makaseyev // 9th CHAOS 2016, Chaotic Modeling and Simulation: Book of Abstracts International Conference, 23–26 May 2016, London.—London, 2016. — P. 99.